

К. М. Халяпов, Д. В. Векшин, А. В. Маслов, А. И. Попов  
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург  
zzqx@yandex.ru

## УВЕЛИЧЕНИЕ ОБЪЕМОВ ИЗВЛЕКАЕМОГО БИОГАЗА С ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

*В статье рассмотрена установка получения биогаза с полигонов твердых бытовых отходов, повышающей эффективность переработки субстрата за счёт контроля режима кислотности и температуры, а также обогащения извлекаемого биогаза.*

*Ключевые слова: биогаз, полигон ТБО, метаногенез, утилизация отходов, метан, увеличение объемов биогаза.*

K. M. Khalyapov, D. V. Vekshin, A. V. Maslov, A. I. Popov  
Ural Federal University, Ekaterinburg

## INCREASE OF RECEIVED BIOGAS VOLUMES FROM SOLID DOMESTIC WASTE LANDFILLS

*The article considered the installation of receiving biogas from solid domestic waste landfill, increasing the efficiency of processing the substrate by the control of acidity and temperature, and enrichment of recoverable biogas.*

*Key words: biogas, solid domestic waste landfill, methanogenesis, waste utilization, methane, increase of biogas volumes.*

По данным Росстата, в прошлом году российская экономика сгенерировала 7,3 млрд т отходов, в тоже время, по данным Министерства природных ресурсов, из них перерабатывают только 8 %. На данный момент эксплуатируется около 1300 зарегистрированных полигонов ТБО [1]. Фактическое число полигонов и свалок еще больше.

Имеются технологии для снижения экологической нагрузки, возникающей при этом. Например, установки по производству

биогаза. Для получения газа с их помощью необходимо поддержание температурного режима внутри полигона.

К основным недостаткам существующих комплексов относятся:

- сложность установки – монтаж оборудования необходимо производить в процессе строительства полигона;
- невозможность регулирования объемов вырабатываемого газа;
- низкая концентрация метана в конечном продукте из-за высокого содержания балластного газа;
- невозможность извлечения биогаза с глубоких слоев полигона, которые могут быть изолированы непроницаемыми слоями отходов.

На кафедре «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» УрФУ было произведено исследование, а также анализ существующих установок по данной теме, а также разработаны

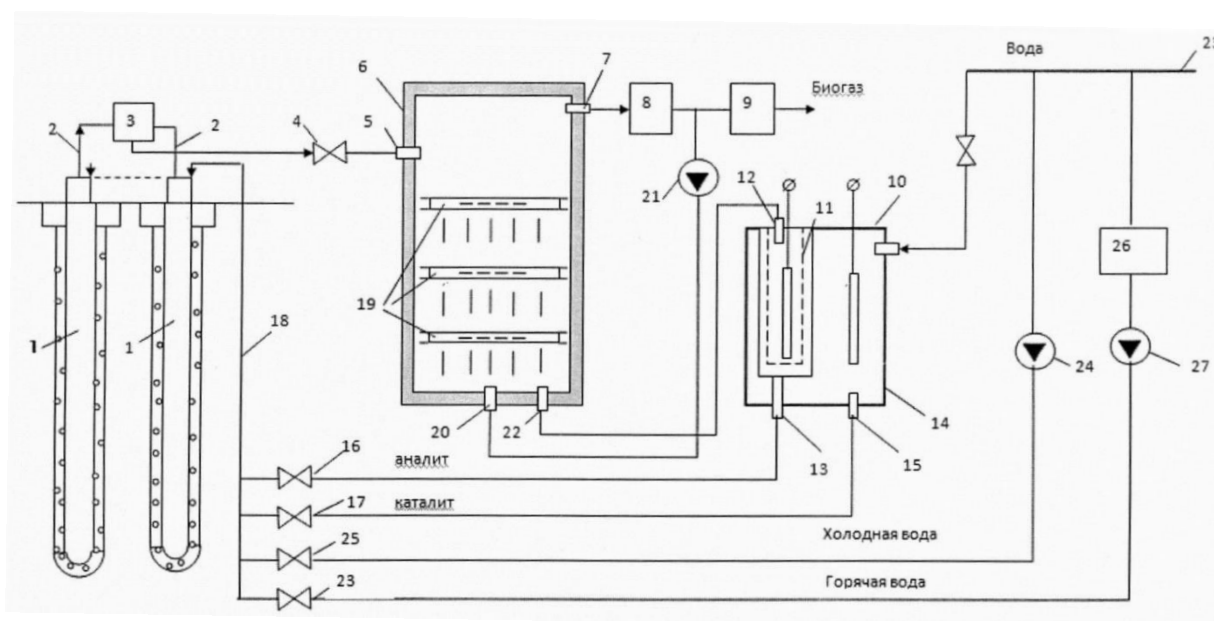


Схема биогазовой установки на полигоне ТБО:

- 1 – газосборные трубы; 2 – трубопровод; 3 – сборный коллектор;  
 4 – регулирующий клапан; 5 – входной патрубок колонны; 6 – колонна обогащения биогаза; 7 – выходной патрубок колонны; 8 – гидравлический затвор; 9 – компрессор; 10 – электролизер; 11 – камера анализа; 12 – патрубок для выхода водорода; 13 – патрубок выхода раствора анализа; 14 – камера катализатора; 15 – патрубок выхода катализатора; 16, 17 – регулируемые клапаны;  
 18 – трубопровод подачи растворов в скважины; 19 – секции с засыпкой;  
 20 – патрубок подачи необогащенного биогаза; 21 – насос; 22 – патрубок подачи водорода; 23 – магистраль подачи воды; 24 – насос холодной воды;  
 25 – регулирующий клапан; 26 – нагреватель; 27 – насос подачи горячей воды;  
 28 – регулирующий клапан

новые технические решения по представленной проблеме. Результатом проведенной работы явилось создание универсального устройства для увеличения объемов извлекаемого биогаза, показанного на рисунке. Описание приведено ниже.

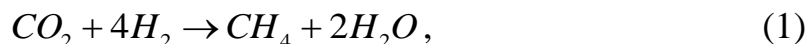
Газосборные трубы 1, погруженные в скважины полигона вертикально или горизонтально, количество которых определяется размерами полигона. Газ через сборный коллектор 3 поступает в колонну обогащения биогаза 6, обогащенный биогаз через компрессорную станцию 9 поступает к потребителям. В электрохимическом электролизере 10 происходит разложение воды и создание растворов католита и анолита, а также выделение газообразного водорода для обогащения биогаза.

Колонна обогащения биогаза содержит секции 19 с размещенной на них зернистой иммобилизирующей бактерии засыпкой: перлит, керамзит или волокнистый графитовый материал. Вода поступает с магистрали 23 холодной воды, часть воды нагревается, а затем их смесь подается в общий трубопровод и далее в газосборные скважины 1, в зависимости от условий охлаждения или подогрева температуры в конкретной скважине.

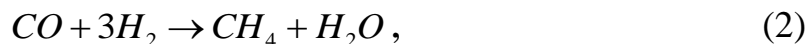
Большое влияние на величину эмиссии в фазе метаногенеза оказывают физические факторы: морфология и влажность отходов, наличие питательной среды для метаногенозного сообщества, температура в теле полигона, рН жидкой фазы свалочного тела [2]. Только одновременный учет всех указанных факторов, может создать оптимальные условия для увеличения объема извлекаемого биогаза. Наличие органики в разных частях полигона по объему и составу отличаются, т. к. свалки формировались, как правило, без сортировки отходов и в разное время года. В связи с этим до начала работ на новом полигоне с предлагаемым устройством осуществляется обследование каждой скважины известными в геологии методами и составляются, своего рода, паспорта скважин, в которых указывается температура внутри скважины, влажность, наличие сообщества метанообразующих бактерий и рН жидкости.

Для поддержания оптимального температурного режима подается холодная или горячая вода. Управление параметрами рН производится с помощью электрохимического электролизера 10 через растворы аналита или католита. Увеличение калорийности биогаза происходит за счет увеличения в его составе доли метана и уменьшения долей окиси и двуокиси углерода.

В неочищенном биогазе содержится до 45 % двуокиси углерода. Метан образуется при соединении двуокиси углерода с водородом в виде



а для реакции восстановления окиси углерода при наличии водорода



добавляя водород в колонну 6 обогащения неочищенного биогаза, представляется возможность увеличить долю метана за счет уменьшения количества балластного газа [3]. Увеличить эффективность реакции взаимодействия газов можно за счет увеличения площади контакта, поэтому предлагается в секциях 19 использовать засыпку из углеродного войлока, имеющего большую поверхность соприкосновения. По данным Рязанского военного автомобильного института поверхность одного грамма углеродного волокнистого сорбента составляет 2380 кв. м [4]. Повышение концентрации метана на выходе достигается за счет рециркуляции биогаза и постоянным поступлением водорода с камеры 11 анализатора.

Таким образом, оптимизируя режим метанообразования в каждой скважине путем регулирования рН (католиз-анализ), температуру (подача холодной или горячей воды), влажность и уменьшая долю  $CO_2$  и  $CO$  в выходном биогазе, представляется возможность увеличивать объем извлекаемого газа с полигонов твердых бытовых отходов. Использование данной установки позволит повысить рентабельность процессов получения биогаза и увеличить объемы работ по эффективной переработке отходов на свалках и полигонах [5].

#### Список использованных источников

1. Охрана окружающей среды в России 2018 г. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.gks.ru/bgd/regl/b18\\_54/IssWWW.exe/Stg/06-04.doc](https://www.gks.ru/bgd/regl/b18_54/IssWWW.exe/Stg/06-04.doc) (дата обращения: 25.11.2019)
2. Вайсман Я. И., Вайсман О. Я., Максимова С. В. Управление метаногенезом на полигонах твердых бытовых отходов. Пермь : Кн. мир, 2003. 231 с.
3. Сассон А. Биотехнология : свершения и надежды ; пер. с англ. под ред. В. Г. Дебабова. М. : Мир, 1987. 411 с.
4. Этот многогранный сорбент // Изобретатель и рационализатор. 2001. № 6. С. 13.
5. Устройство для увеличения объемов извлекаемого биогаза с полигонов твердых бытовых отходов : пат. 2700817 Рос. Федерация : МПК В 09 В 3/00, В 09 В 5/00 / Попов А. И., Щеклеин С. Е., Немихин Ю. Е. [и др.] ; № 2018133360 ; заявл. 20.09.2018; опубл. 23.09.2019, Бюл. № 27.